

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-145453

(43)公開日 平成7年(1995)6月6日

(51)Int.Cl.<sup>o</sup>

C 22 C 38/00  
38/50

識別記号

302 Z

府内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1 O.L (全10頁)

(21)出願番号

特願平5-292017

(22)出願日

平成5年(1993)11月22日

(71)出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 平出 信彦

大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

(72)発明者 横谷 芳男

大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 広瀬 章一

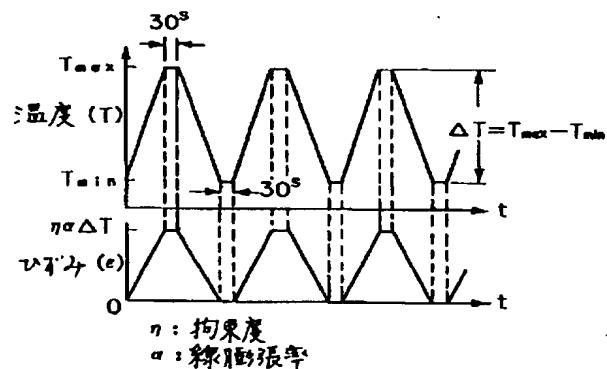
(54)【発明の名称】自動車排気マニホールド用フェライト系ステンレス鋼

(57)【要約】

【目的】 900 °C以上にて優れた耐酸化性、高温強度、熱疲労特性を有し、しかも外面側の耐高温塩害腐食性に優れたフェライト系ステンレス鋼を提供する。

【構成】 C:0.015%以下、 Si:0.80~1.50%、 Mn:0.20~0.60%、 Cr:11.0~14.0%、 Ni:0.50%以下、 Nb:0.30%超0.60%以下、 N:0.015%以下、 Ti:0~0.20%、 S:0~0.100%、 Mo:0~1.50%、 Al:0~0.20%、 Ca、Y、La、Ceの1種以上合計:0~0.10%、ただし、C+N≤0.025%、残部がFeおよび不可避不純物から構成する。

【効果】 排気温度900 °C近傍に対応できる自動車排気マニホールド用材料が得られる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 重量%にて、

C:0.015%以下、Si:0.80~1.50%、Mn:0.20~0.60%、  
 P:0.030%以下、Cr:11.0~14.0%、Ni:0.50%以下、  
 Nb:0.30%を超える0.60%以下、N:0.015%以下、  
 ただし、C+N≤0.025%、  
 Ti:0~0.20%、S:0~0.010%、Mo:0~1.50%、Al:0~0.20%、  
 Ca、Y、La、Ceの1種以上、合計で0~0.10%ただし、  
 S:0.003~0.010%のときはTi:0.05~0.20%とする。  
 残部がFeおよび製造上の不可避免不純物から成る化学組成を有する、自動車排気マニホールド用フェライト系ステンレス鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、自動車排気マニホールド用フェライト系ステンレス鋼に関する。

## 【0002】

【従来の技術】自動車用の排気マニホールド、センターパイプ、フロントパイプ等の排気系部品は、エンジンから排出される高温の燃焼ガスと接触する部位にあり、これを構成する材料には耐酸化性、高温強度、耐熱疲労性等、多様な特性が要求される。

【0003】従来、自動車排気マニホールド用材料としては、鋳鉄が用いられるのが一般的であった。しかし、近年の排ガス規制の強化、さらにはエンジン性能の向上、車体軽量化による燃費向上の要請等に応えるため、ステンレス鋼の溶接管が排気マニホールド用材料として使用されるようになってきた。特に、最近では排ガス温度も900°Cを越えるようになり、900°C以上で優れた耐酸化性、高温強度、熱疲労性を有する材料が必要となってきた。

【0004】オーステナイト系ステンレス鋼は、優れた耐熱性および加工性を有しており、その代表的な鋼種としては、SUS304 (18Cr-8Ni)、SUS310S (25Cr-20Ni)などがある。しかし、オーステナイト系ステンレス鋼は熱膨張係数が大きく、排気マニホールドのような加熱-冷却の繰り返しを受ける用途においては、熱歪みに起因する熱疲労によって破壊が生じやすい。

【0005】一方、フェライト系ステンレス鋼は一般にオーステナイト系ステンレス鋼より熱膨張係数が小さいため、熱疲労特性にとって有利である。従って、耐熱疲労性、および材料コストの面からは、フェライト系ステンレス鋼が排気マニホールド用材料として適しているといえる。そのため、従来にあっても、排気マニホールド用材料として、SUS409L、SUS410Lが用いられてきたが、排ガス温度の上昇と共に、高温強度および耐酸化性に劣るという問題があった。

【0006】また、高温に曝される排気マニホールドお

よびフロントパイプ等には、冬季における路上の融雪対策として散布されている岩塩による外面側の高温塩害腐食の問題がある。しかし、排気マニホールドないしフロントパイプ等に使用されるフェライト系ステンレス鋼は、高温塩害腐食対策が十分ではなかった。

【0007】ところで、従来にあっても、排ガス温度900°C以上に対応できる鋼種として、特開昭64-8254号公報においては、17%以上のCrを含み、NbおよびMoにより高温高強度化した材料が開示されている。また、排気温度1000°Cに対応できる鋼種として、特開平4-280947号公報においては、Nb量の範囲をさらにあげて高温高強度化した耐熱疲労性にすぐれた排気マニホールド用材料が開示されている。しかし、これらの鋼は、耐酸化性において必須とされているCrを17%以上含むため、高価となるざるを得ない。

【0008】Cr:6~25%としたフェライト系ステンレス鋼の例は特開昭60-145359号公報に開示されているが、そこにはみられる具体的な考えはCrの一部をSiで置換するが、炭素、窒素はTiで実質上すべて固定し、少量のNbを残留させるというのである。実体的にはC、Nが比較的多く、Nb量が少ないため以下に述べるように高温特性が十分でないという欠点を有する。

【0009】すなわち、特開昭60-145359号公報においては、C:0.05%以下、Si:1.00~2.00%、Mn:2.0%以下、Cr:6.0~25.0%、Mo:5.0%以下（ただし、Cr+Mo≥8%）、N:0.05%以下、Al:0.50%以下、Ti、Zr、Ta、Nbの1種以上（ただし、Ti、Zr、Ta、Nb量はすべてのC、Nを炭化物、窒化物とするのに必要な化学量論量）を含み、Nb:0.30%以下でしかも0.10%以上（好ましくは0.20%以上）の不結合（固溶）Nbからなる、周期的酸化抵抗とクリープ強さを有する高温用フェライト鋼が開示されており、周期的酸化抵抗にはSiの添加が有効であり、クリープ強度には、0.10%以上（好ましくは0.20%以上）の不結合（固溶）Nbの存在とSiに富むLaves相の形成が重要であると述べられている。しかしながら、0.3%以下のNb量では、高温強度への寄与が大きい不結合（固溶）NbとNb炭化物による強化が不十分で、高温強度、熱疲労特性に劣るという問題がある。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、特に排気温度900°C近傍に対応できる自動車排気マニホールド用材料として、900°C以上にて優れた耐酸化性、高温強度、熱疲労特性を有し、しかも外面側の耐高温塩害腐食性に優れたフェライト系ステンレス鋼を提供することである。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】従来、900°C以上において優れた耐酸化性を有するには、16%を越えたCr量が必要とされてきた。その場合、前述のように材料のコストが問題となる。そこで、本発明者らは、かかる目的を達

成すべく種々検討を重ね次のような知見を得て本発明を完成した。

【0012】(i) Cr量を11~14%とし、Crの低下により劣化した耐酸化性を、Siを積極的に添加することにより900°C以上での耐酸化性を確保できるとともに、C+N≤0.0025%とすることで加工性および韌性の確保を図るとともに、0.3%<Nbとすることでさらなる高温強度が得られる。

【0013】(ii) また、そのような状況下での0.8~1.5%という適量のSiの添加は、高温強度をさらに向上させ、耐熱疲労特性の向上に寄与できる。これは高温で析出するLaves相(主にFe<sub>2</sub>Nb)において、Nbの一部をSiが置換することにより、固溶Nbの低下を抑えて、高温強度を保持する。しかしながら、1.50%を超えた過剰の添加は、逆にLaves相の析出を促進し、高温強度を低下させる。

(iii) 耐高温塩害腐食性の向上に対しては、鋼中Si量の増加が非常に効果がある。

【0014】ここに、最も広義には、本発明は、重量%にて、C:0.015%以下、Si:0.80~1.50%、Mn:0.20~0.60%、P:0.030%以下、Cr:11.0~14.0%、Ni:0.50%以下、Nb:0.30%を超える0.60%以下、N:0.015%以下、ただし、C+N≤0.025%、Ti:0~0.20%、S:0~0.010%、Mo:0~1.50%、Al:0~0.20%、Ca、Y、La、Ceの1種以上、合計で0~0.10%ただし、S:0.003~0.010%のときはTi:0.05~0.20%とする。

【0015】残部がFeおよび製造上の不可避不純物から成る化学組成を有する、自動車排気マニホールド用フェライト系ステンレス鋼である。

【0016】本発明の好適態様のいくつかを例示すれば次の通りである。

(1) 重量%にて、C:0.0150%以下、Si:0.80~1.50%、Mn:0.20~0.60%、Cr:11.0~14.0%、P:0.03%以下、S:0.002%以下、Ni:0.50%以下、Nb:0.30%を超える0.60%以下、N:0.015%以下、ただし、C+N≤0.025%、残部がFeおよび製造上の不可避不純物から成る化学組成を有する、自動車排気マニホールド用フェライト系ステンレス鋼。

【0017】(2) 重量%にて、C:0.015%以下、Si:0.8~1.50%、Mn:0.20~0.60%、P:0.03%以下、S:0.002%以下、Cr:11.0~14.0%、Ni:0.50%以下、Nb:0.30%を超える0.6%以下、Ti:0.05~0.20%、N:0.01%以下、ただし、C+N≤0.025%、残部がFeおよび製造上の不可避不純物から成る化学組成を有する、自動車排気マニホールド用フェライト系ステンレス鋼。

【0018】(3) 重量%にて、C:0.015%以下、Si:0.8~1.50%、Mn:0.20~0.60%、P:0.03%以下、S:0.003~0.010%、Cr:11.0~14.0%、Ni:0.50%以下、Nb:0.30%を超える0.6%以下、Ti:0.05~0.20%、N:0.015%以下、ただし、C+N≤0.025%、残部がFe

および製造上の不可避不純物から成る化学組成を有する、自動車排気マニホールド用フェライト系ステンレス鋼。

【0019】(4) 前記フェライト系ステンレス鋼が、さらに、Moを0.03~1.50%の範囲で含有することを特徴とする前記(1)~(3)のいずれかに記載された自動車排気マニホールド用フェライト系ステンレス鋼。

【0020】(5) 前記フェライト系ステンレス鋼が、さらに、Alを0.02~0.20%の範囲で含有することを特徴とする前記(1)~(4)のいずれかに記載された自動車排気マニホールド用フェライト系ステンレス鋼。

【0021】(6) 前記フェライト系ステンレス鋼が、さらに、Ca、Y、La、Ceの少なくとも1種、総計で0.003~0.10%を含有することを特徴とする前記(1)~(5)のいずれかに記載された自動車排気マニホールド用フェライト系ステンレス鋼。

【0022】

【作用】以下、本発明において鋼組成を上述のように限定した理由を各合金元素の作用とともに詳述する。なお、本明細書において「%」はとくにことわりがない限り「重量%」を表すものとする。

【0023】C、N:本発明のように、1.0%近くのSiを含有する鋼においては特に、C、Nの含有量が高くなると、韌性を低下させ、加工性に悪影響をおよぼす。したがって、C、Nはできるだけ低いことが望ましく、このためC:0.015%以下、N:0.015%以下とし、かつC+N≤0.025%とする。好ましくはC+N≤0.020%としてもよい。好ましくはC:0.010%以下、N:0.010%以下である。

【0024】Si:Siは、本発明において耐酸化性および耐熱疲労性、そして、耐高温塩害腐食性を改善するための重要な元素である。耐酸化性および耐高温塩害腐食性は、Si量の増加と共に向上するが、0.8%未満ではその効果が十分でない。望ましくは、1.0%以上であればその効果が十分に得られる。また適量のSiの添加は高温強度を向上させ、耐熱疲労特性の向上に寄与する。これは高温で析出するLaves相(主にFe<sub>2</sub>Nb)においてNbの一部をSiが置換することにより、固溶Nbの低下を抑えて高温強度を保持するからである。しかし、過剰の添加は、逆にLaves相の析出を促進し、高温強度を低下させるばかりでなく、韌性、加工性を劣化させるので、上限を1.5%とした。好ましくは1.0~1.5%である。

【0025】Mn:Mnは、製鋼時の脱酸剤および熱間加工性を向上する元素として知られる。しかし、MnSを形成し酸化の起点となったり、オーステナイト形成元素であることから、耐酸化性にとって好ましくない。よって、0.2~0.6%とした。好ましくは0.2~0.5%である。

【0026】Cr:本発明において、耐酸化性確保に必要な元素である。11%以下ではその効果が現れず、14%を越えて添加すると、韌性、加工性、を劣化させるため、

上限を14%とした。好ましくは、Cr:12.0 ~14.0%である。

【0027】Ni : Niの添加は、韌性改善および耐高温塩害腐食性向上に有効である。しかし、オーステナイト形成元素であり耐酸化性に悪影響を及ぼすこと、さらに高価であることから特に0.50%以下とした。

【0028】Nb : Nbは、高温強度を向上させるうえで必須の元素である。Nbは炭窒化物としてC、Nを固定する作用があるため、必要なNb量はC、N量と相関がある。本発明では、Nb:0.30 %を超える、0.60%以下、(C+N)  $\leq$  0.025 %と規定することで、%Nb/(%C+%N)  $\geq$  10とし、十分な高温強度を得るために必要な固溶Nb量を確保する。Nb量は、高温強度の点から必要な固溶Nb量を確保する目的で多いほど望ましいが、0.3 %以下では十分な高温強度が得られず、一方、0.6 %を超えて添加すると韌性に悪影響を及ぼすため、0.3 %超0.6 %以下とした。好ましくは0.4~0.6 %である。より好ましくは、Nb% $\geq$  15 (%N+%C)である。

【0029】S : Sは製造上不可避不純物の一つであるが、S量が多いとMnと同様、耐酸化性の点から好ましくない。また、溶接性にも悪影響を与える。よって、不純物としてはS : 0.002 %以下とした。ただ、脱Sを不十分とすることでS : 0.003 %以上とした場合、Tiを0.01 %以上添加することにより、高温で安定なTi炭硫化物(Ti(C, S))を形成し、酸化の起点となるMnSの生成を抑えて、耐酸化性への悪影響をなくすことができる。一方、析出物の粒子系が大きくなつて析出密度が低下するため、再結晶しやすくなる。これにより加工性が向上する。したがつて、Sは必要に応じて、Ti添加を前提に合金元素として積極的に存在させてもよい。しかし、S : 0.010 %を越えると、MnSもしくはTiSが形成されて、耐酸化性を損なうので、上限を0.010 %とした。

【0030】Ti : Tiは、所望添加元素であり、Nbと同様にC、Nの固定元素として有効であり、一部Nbを置換できる。また、NbとTiの複合添加は、再結晶温度を下げ加工性の向上に寄与する。しかし、過剰の添加は、圧延時の表面疵の原因となるため、Tiの上限は0.20%とした。さらに、好適態様によれば、Nb/Tiの比を2.50~5.0とすると熱疲労特性を一層向上することを知見した。よつて、Nb:0.30 %を超える0.60%以下であることから、Ti:0.05 ~0.20%とした。好ましくはTi:0.10 ~0.20%である。より好ましくは(%Nb+%Ti)  $\geq$  20 (%C+%N)である。

【0031】Mo : Moは、所望添加元素であり、Nbと同様、高温強度を向上させる元素として知られる。また、耐高温塩害腐食性も向上させる。効果を十分得るために0.03%以上添加するのが好ましい。しかし、過剰の添加は、加工性を低下させる。さらにコスト高となるため、上限を1.50%とした。好ましくは、0.1 ~1.0 %である。

【0032】Al : Alは、所望添加元素であり、脱酸元素として知られる。また、少量のAl添加により、韌性、耐酸化性が向上することが知られている。特に、本発明にかかる鋼のように1.0 %近いSiを含有する場合には、酸化增量を変化させずに、酸化スケールの耐剥離性を向上させることができる。これにより、排ガス中への酸化スケールの混入が抑制される。さらに、少量のAl添加は、高温強度改善効果も有する。しかし、過剰の添加は加工性の低下を招くため、0.02~0.20%とした。好ましくは、0.02~0.1 %である。

【0033】Ca、Y、La、Ce:CaおよびY、La、Ceといった希土類元素は、耐酸化性を向上させ、酸化スケールの密着性を向上させることができる。本発明において必要に応じ添加することができる。また、脱S作用を有する。その効果を充分発揮させるには0.003 %以上の添加が好ましく、0.10%をこえて添加すると韌性を劣化させるので上限を0.10%とした。好ましくは、0.01~0.1 %である。

【0034】そのほか、製造上不可避不純物の一つとしてPが挙げられるが、韌性、加工性の点から、一般にはP:0.05 %以下であればよいが、P : 0.03%以下が望ましい。

【0035】本発明にかかるフェライト系ステンレス鋼の製造方法は、通常のフェライト系ステンレス鋼の製造方法と本質的に変わらない。電気炉または転炉で溶製し、AOD炉、VOD炉等で精錬して連続铸造または造塊一分塊法でスラブとし、以下、熱間圧延、冷間圧延の工程を経て板とすればよい。これを素材として溶接管を製造するが、排気マニホールド用素材となるのは、この溶接管である。熱処理としては900~1050°Cで0.5~30分均熱したのち空冷する処理が望ましい。次に、実施例によって本発明の作用についてさらに具体的に説明する。

【0036】

【実施例】まず、表1および表2に示される組成を有する鋼を、溶解、鍛造後、1200°Cにて熱間圧延を行つた。その熱延板を焼鈍後、冷間圧延を施し、980 °Cにて仕上げ焼鈍を行つて、厚さ2mmの冷延板とした。これより、厚さ2mmの常温および高温引張試験片、厚さ2mm×幅20mm×長さ25mmの酸化試験片および高温塩害腐食試験片を切り出した。

【0037】さらに、冷延板を電縫溶接により製管し、図1にその形状、寸法を示すような熱疲労試験片を作製した。図1において、1が試験材の管で、2か所に径8mmの穴(2、3)を明け、冷却用エアーの供給口2および排出口3とした。4は管の内面からの保持具(芯金)、5は試験機のホルダーへの取付け部である。管1と保持具4は固定用ピンと端部の溶接部7によって固定されている。

【0038】高温引張試験は900 °Cにて行つた。酸化試験は、900 °C  $\times$  200 hr、大気中連続加熱条件で行つた。

高温塩害腐食試験は図2に示す条件で行った。熱疲労試験は、図1の試験片を使い、コンピュータ制御の電気的油圧サーボ式高温熱疲労試験により、図3に示す温度サイクル、機械的歪み波形履歴をとる条件で、200～900°C、50%拘束にて試験した（拘束度 $\eta = 0.501$ ）。

【0039】これらの試験の結果は表3および図4～図5にまとめて示す。表3より、本発明鋼1～25は、常温伸び30%以上、900°Cの引張り強度15N/mm<sup>2</sup>以上、900°Cにおける前述の大気中連続加熱試験での酸化增量が1.5mg/cm<sup>2</sup>以下、高温塩害腐食試験後の板厚減少450μm以下、熱疲労試験での熱疲労寿命780サイクル以上と、耐高温塩害腐食性も考慮した排気マニホールド用材料として優れた特性を有することがわかる。

【0040】特に、本発明鋼11～15に示すような0.020～0.20%のAlを含有すると、酸化增量は変化せずに酸化スケールの耐剥離性が向上することが確認された。後述する図6参照。

【0041】さらに、本発明鋼16～25に示すように、0.003～0.10%のCa、Y、La、Ceを添加すると耐酸化性が向上することが確認された。比較鋼1は、Nbを含まずTiを多量に含むSUH409L相当材であるが、900°Cでの引張り強度、耐酸化性、熱疲労特性共に劣る。

【0042】比較鋼2は、前述の特開昭60-145359号公報開示の鋼組成に相当するものであり、Nbが0.30%以下であるために、900°Cでの引張強度、熱疲労特性共に劣る。

る。比較鋼3はSiが0.80%未満、比較鋼5はCrが11.0%未満であるため、耐酸化性および耐高温塩害腐食性が十分でない。

【0043】比較鋼4はSiが1.50%を、比較鋼6はMoが1.50%をそれぞれ越えているため、常温伸び30%未満と加工性に劣るため、製管が容易に出来なかった。比較鋼7は、Mnが0.60%、Sが0.002%を越えており、耐酸化性が十分でない。

【0044】比較鋼8は、C+Nが0.025%を超えており、高温強度向上に必要な固溶Nb量が不十分になり、900°Cでの引張強度、熱疲労特性に劣る。比較鋼9は、比較鋼8にMoを添加した鋼であるが、高温強度、熱疲労特性の改善はほとんど認められなかった。

【0045】図4は本発明鋼1を基本組成としてSi量を変化させたときの大気中連続試験による酸化增量を表したグラフである。Si:0.80%以上で耐高温酸化性が大きく改善されるのが分かる。図5は同じく高温塩害腐食試験での板厚減少を示すグラフである。

【0046】図6は本発明鋼14を基本組成としてAl量を変化させたときの大気中連続加熱試験での酸化增量、スケール剥離量を示すグラフである。図7は、本発明鋼6を基本組成としたときの熱疲労寿命に及ぼすNb/Tiの影響を示すグラフである。

【0047】

【表1】

供試鋼の化学成分 (wt%)

供試鋼		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb
本 発 明	1	0.012	1.22	0.45	0.021	0.001	13.3	0.02	—	0.45
	2	0.008	0.83	0.35	0.019	0.002	12.8	0.12	—	0.52
	3	0.006	1.45	0.26	0.016	0.001	11.8	0.08	—	0.35
	4	0.014	1.05	0.56	0.015	0.001	13.8	0.05	—	0.34
	5	0.013	0.94	0.46	0.018	0.002	12.5	0.11	—	0.31
	6	0.011	0.95	0.44	0.022	0.001	13.1	0.12	—	0.42
	7	0.007	1.13	0.44	0.015	0.006	11.9	0.08	—	0.46
	8	0.007	0.93	0.45	0.019	0.001	12.9	0.06	0.85	0.35
	9	0.009	1.05	0.43	0.018	0.001	12.7	0.07	0.55	0.42
	10	0.009	0.92	0.48	0.021	0.009	13.0	0.04	0.15	0.48
鋼	11	0.007	0.88	0.23	0.019	0.002	11.5	0.07	—	0.52
	12	0.010	1.02	0.55	0.015	0.002	13.2	0.08	—	0.32
	13	0.008	1.12	0.32	0.025	0.008	12.5	0.15	—	0.36
	14	0.013	1.05	0.43	0.018	0.001	12.7	0.07	0.25	0.49
	15	0.012	1.12	0.32	0.025	0.009	12.5	0.15	0.12	0.45
	16	0.011	1.18	0.43	0.020	0.001	11.7	0.20	—	0.44
	17	0.008	1.29	0.35	0.018	0.001	13.0	0.05	—	0.43
	18	0.012	1.15	0.45	0.019	0.001	13.1	0.09	—	0.34
	19	0.008	1.05	0.43	0.020	0.004	12.8	0.12	—	0.36
	20	0.009	0.95	0.46	0.021	0.001	12.6	0.16	1.02	0.44
比 較 鋼	21	0.011	0.85	0.36	0.015	0.005	13.8	0.25	—	0.40
	22	0.005	1.06	0.35	0.019	0.001	12.5	0.06	—	0.39
	23	0.006	0.82	0.45	0.017	0.001	11.9	0.05	0.52	0.32
	24	0.010	1.04	0.38	0.021	0.001	11.4	0.06	0.23	0.35
	25	0.009	0.96	0.42	0.019	0.004	12.5	0.07	0.13	0.47
	1	0.010	0.44*	0.31	0.022	0.002	11.3	0.09	—	—
	2	0.010	1.30	0.30	0.022	0.002	11.3	0.20	—	0.20*
	3	0.008	0.72*	0.44	0.020	0.002	11.2	0.06	—	0.45
	4	0.012	1.85*	0.52	0.022	0.001	11.8	0.12	—	0.45

(注) \* : 本発明の範囲外

【0048】

【表2】

供試鋼の化学成分 (wt%) (表1つづき)

供試鋼	Ti	Al	N	Y、La、Ce	C+N	Nb/C+N	(Nb+Ti)/(C+N)
本発明	1	—	—	0.009	—	0.021	21.4
	2	—	—	0.012	—	0.020	26.0
	3	—	—	0.005	—	0.011	31.8
	4	—	—	0.005	—	0.019	17.9
	5	—	—	0.012	—	0.025	11.2
	6	0.15	—	0.010	—	0.021	15.2
	7	0.09	—	0.007	—	0.014	25.7
	8	—	—	0.011	—	0.018	13.8
	9	0.12	—	0.012	—	0.021	10.4
	10	0.16	—	0.012	—	0.021	18.1
鋼	11	—	0.152	0.009	—	0.016	32.5
	12	0.06	0.089	0.014	—	0.025	12.8
	13	0.08	0.054	0.009	—	0.017	14.7
	14	—	0.022	0.011	—	0.024	20.4
	15	0.18	0.044	0.009	—	0.021	16.6
	16	—	—	0.011	0.005Ca	0.022	20.0
	17	—	0.035	0.012	0.04La+0.02Ce	0.020	21.5
	18	0.13	—	0.009	0.04Y	0.021	15.2
	19	0.06	—	0.007	0.07La	0.015	17.3
	20	—	—	0.011	0.05Ce	0.020	12.0
比較	21	0.16	0.058	0.012	0.02Y+0.02La	0.023	13.9
	22	0.11	0.025	0.010	0.08Ce	0.015	19.3
	23	—	0.046	0.009	0.004Ca	0.015	14.6
	24	0.11	0.085	0.010	0.06La	0.020	17.5
	25	0.16	—	0.008	0.05La+0.02Ce	0.017	15.8
比鋼	1	0.25*	—	0.009	—	0.019	—
	2	—	0.050	0.015	—	0.025	8.0
	3	—	—	0.012	—	0.020	22.5
	4	0.02	—	0.006	—	0.017	26.4
	5	0.15	—	0.005	—	0.019	18.4
	6	—	—	0.009	—	0.020	23.0
	7	—	—	0.008	—	0.016	27.5
	8	—	—	0.015	—	0.030*	10.3
	9	0.25*	0.045	0.021*	—	0.043*	5.8

(注) \* : 本発明の範囲外

【0049】

【表3】

供試鋼	常温 伸び $\delta$	900 °Cの引張り 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	酸化増量 (mg/cm <sup>2</sup> )	塩害試験後の 板厚減少量 (μm)	熱疲労寿命 (cycles)
本 発 明 鋼	1	33	21	0.9	372
	2	33	22	1.3	435
	3	32	18	0.8	345
	4	33	17	1.0	385
	5	34	15	1.0	402
	6	35	20	0.9	396
	7	37	21	0.8	399
	8	32	19	1.0	388
	9	34	21	0.9	370
	10	36	21	0.8	380
	11	33	22	1.2	410
	12	35	16	1.0	378
	13	36	16	0.9	381
	14	32	24	1.0	380
	15	36	21	0.9	375
	16	33	21	0.7	377
	17	33	21	0.5	354
	18	34	16	0.6	378
	19	36	17	0.5	373
	20	31	25	0.6	378
	21	36	19	0.6	382
	22	34	19	0.5	365
	23	33	17	0.7	440
	24	34	18	0.6	374
	25	36	21	0.5	377
比 較 鋼	1	39	9 ▼	80.4 ▼	556 ▼
	2	35	11 ▼	1.0	615 ▼
	3	32	21	1.6 ▼	515 ▼
	4	25▼	19	0.8	260
	5	35	16	2.0 ▼	352
	6	26▼	26	0.9	365
	7	33	20	1.8 ▼	378
	8	33	11 ▼	1.0	392
	9	33	12 ▼	1.1	364

(注) ▼ : 本発明の目標達成せず

## 【0050】

【発明の効果】本発明により、排気温度900 °C近傍に対して、優れた耐酸化性、高温強度、熱疲労特性を有し、しかも優れた外面側の耐高温塩害腐食性を有する、排気マニホールドばかりでなくセンターパイプやフロントパイプへも適用可能であるフェライト系ステンレス鋼が得られる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】熱疲労試験片の形状（ゲージ長さ：12mm）の説明図である。

【図2】高温塩害腐食試験の条件の説明図である。

【図3】熱疲労試験時の温度及びひずみ波形の説明図である。

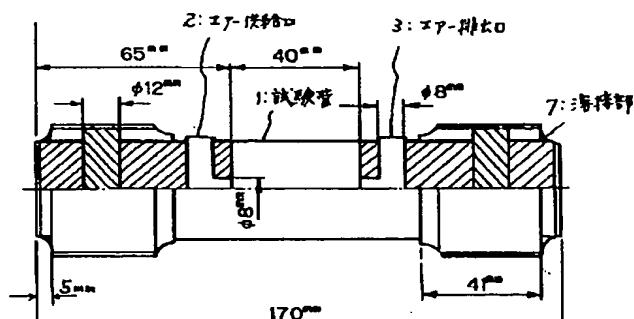
【図4】900 °C × 200 h、大気中連続したときの耐酸化性に及ぼす鋼中Si量の影響を示すグラフである。

【図5】耐高温塩害腐食性に及ぼす鋼中Siの影響を示すグラフである。

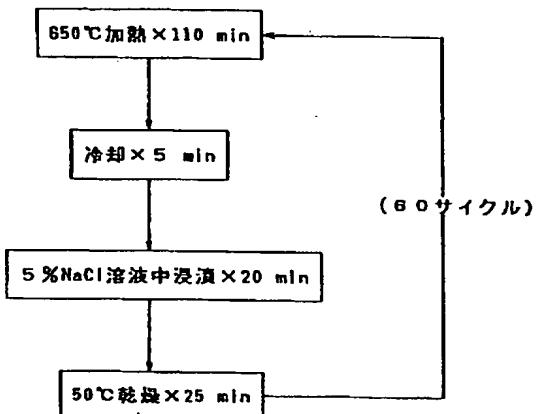
【図6】900 °C × 200 h、大気中連続加熱したときの酸化スケールの耐剥離性に及ぼす鋼中Al量の影響を示すグラフである。

【図7】熱疲労寿命に及ぼすNb/Tiの影響を示すグラフである。

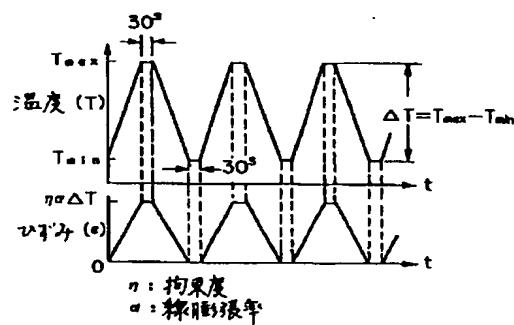
【図1】



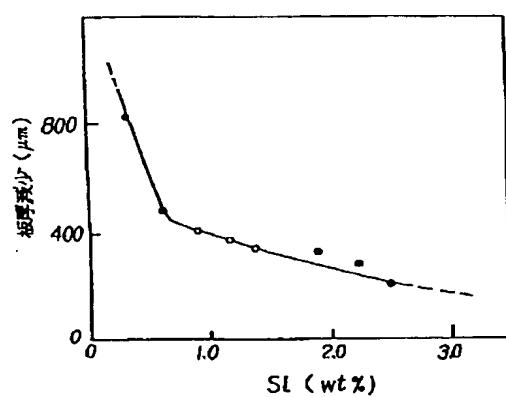
【図2】



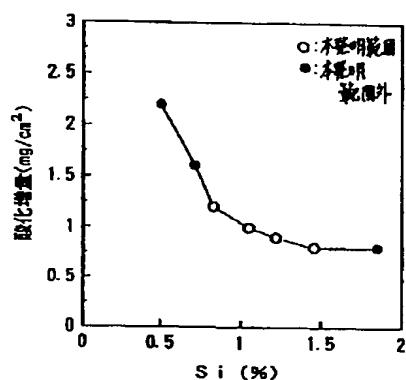
【図3】



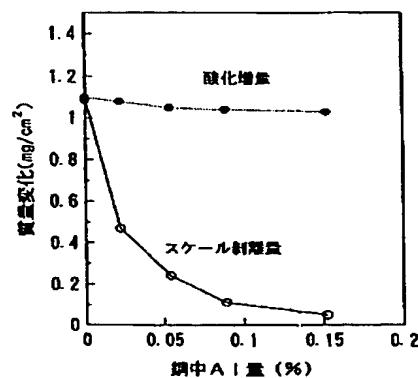
【図5】



【図4】



【図6】



【図7】

